



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 31 616 C 2

⑥① Int. Cl.⁶:
G 01 D 5/24
G 01 B 7/14

②① Aktenzeichen: P 42 31 616.2-52
②② Anmeldetag: 22. 9. 92
④③ Offenlegungstag: 24. 3. 94
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 8. 95

DE 42 31 616 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
Seichter GmbH, 30519 Hannover, DE

⑦② Erfinder:
Meinen, Michael, Dipl.-Ing., 3204 Nordstemmen, DE

⑥⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 31 34 342 C2
DE-OS 23 08 338

⑥④ Kapazitiver Sensor

DE 42 31 616 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf einen kapazitiven Sensor, insbesondere für Distanzmessungen. Für den Aufbau eines kapazitiven Sensors eignet sich eine Brückenschaltung, in der eines der Brückenelemente die veränderliche Kapazität darstellt. Als Sensor wird beispielsweise eine flächige Elektrode verwendet, die an das Objekt, zu dem die Distanz gemessen werden soll, herangeführt wird. Die Kapazität der Elektrode zur Umgebung ist abhängig von dem Medium, das sich in der Nähe der Elektrode befindet. Wenn das Objekt nicht in der Nähe ist, so ist die Luft mit ihrer relativ geringen Dielektrizitätskonstanten maßgebend für die Kapazität der Elektrode zur Umgebung. Wird dagegen ein Objekt, z. B. ein Gegenstand oder eine Fläche mit höherer Dielektrizitätskonstante in die Nähe der Elektrode gebracht, so steigt die Kapazität und die Symmetrie der Brückenschaltung wird verstimmt. Von dieser Verstimmung kann ein Meßsignal abgeleitet werden.

Durch die Patentschrift DE 31 34 342 C2 ist ein solcher kapazitiver Sensor mit einer Brückenschaltung bekannt. In der Brückenschaltung sind zwei Elektrodenanordnungen vorgesehen. Die eine Elektrodenanordnung stellt das bezüglich seiner Kapazität veränderliche Element des Sensors dar und ist außen am Gehäuse des Sensors angeordnet. Die zweite Elektrodenanordnung dient als Referenz zur Kompensation von Umwelteinflüssen und befindet sich im Inneren des Gehäuses des Sensors. Für die Elektrodenanordnungen wird bei dem bekannten Sensor eine einzige beidseitig metallbeschichtete Isolierstoffplatte verwendet. Dadurch ist eine enge thermische Kopplung der Elektrodenanordnungen hergestellt. Temperaturschwankungen wirken somit auf beide Elektrodenanordnungen gleich, und ihre Einflüsse werden durch die Brückenschaltung eliminiert. Die Verwendung einer einzigen Isolierstoffplatte ist dadurch möglich, daß die Elektrodenanordnungen versetzt gegeneinander angeordnet sind. Die Elektrodenanordnungen können sich damit elektrisch nicht beeinflussen.

Für die übrigen Kapazitäten der Brückenschaltung, über die eine Wechselspannung in die Brückenschaltung eingespeist wird, werden bei dem bekannten Sensor diskrete Bauteile verwendet. Bei den hier in Frage kommenden Kapazitätswerten weisen diskrete Kondensatoren hohe Toleranzen auf. Das erschwert den Abgleich der Brückenschaltung.

Durch die deutsche Offenlegungsschrift 2 308 338 ist bereits ein kapazitiver Wandler bekannt, bei dem die Bewegung einer Membran kapazitiv erfaßt wird. Der Membran stehen zu diesem Zweck feste, metallisierte Isolierstoffplatten gegenüber. Durch die räumliche Zuordnung der Teile wird eine Brückenschaltung mit Koppelkondensatoren gebildet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den durch die Patentschrift DE 31 34 342 C2 bekannten Sensor zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Erfindung gelöst.

Bei dem erfindungsgemäßen Sensor werden folgende wesentliche Verbesserungen erreicht:

— Es ist eine Überlappung der Elektrodenflächen möglich, da die Einspeisungsflächen zwischen den Elektrodenflächen liegen. Damit hat man bei der Gestaltung der Sensorelektrode mehr Freiheit.

— Für die Brückenschaltung wird im Vergleich zu der bekannten Anordnung eine wesentlich höhere

Empfindlichkeit erreicht, weil störende kapazitive Nebenschlüsse zu den Masseflächen hin beseitigt sind.

— Es ist möglich, die Einspeisungsfläche so zu gestalten, daß die Symmetrie der Brücke einfach herzustellen ist. Für die Einspeisungskapazitäten können wesentlich geringere Toleranzen eingehalten werden als es mit diskreten Bauteilen möglich ist.

Letzteres trifft besonders dann zu, wenn gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung die Mehrlagenplatte aus zwei zweilagigen Platinen zusammengesetzt wird und für diese beiden Platinen das gleiche Ausgangsmaterial verwendet wird. Dann fallen in der Brückenschaltung Kapazitätsabweichungen durch Dicken-schwankungen des Ausgangsmaterials heraus, da sie in beiden Zweigen der Brücke in gleicher Höhe auftreten. Die Kapazitäten sind dann nur noch durch die Flächen im Layout der Platine festgelegt.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung dargestellt ist, erläutert.

Es zeigen

Fig. 1 das Schaltbild eines kapazitiven Distanzsensors mit einer Brückenschaltung,

Fig. 2 eine Ausführungsbeispiel einer Elektrodenanordnung in einem Distanzsensor mit den erfindungsgemäßen Merkmalen,

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel und

Fig. 4 ein praktisch realisiertes Layout mit den erfindungsgemäßen Merkmalen.

In Fig. 1 ist das Blockschaltbild eines kapazitiven Distanzsensors dargestellt. Es ist eine Brückenschaltung vorgesehen mit Einspeisungskapazitäten 1 und 2 im oberen Teil der Brücke und einer veränderlichen Kapazität 4 und einer Referenzkapazität 3 im unteren Teil der Brücke. Die Brückenschaltung ist von einem Oszillator 6 mit einer rechteckförmigen Wechselspannung beaufschlagt. Das Ausgangssignal der Brückenschaltung wird in einem Differenzverstärker 5 verstärkt. Am Ausgang des Differenzverstärkers 5 steht ein Rechtecksignal zur Verfügung, dessen Amplitude von der Verstimmung der Brücke abhängig ist. Das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 5 wird anschließend in einem Synchrongleichrichter gleichgerichtet. Die Funktion des Synchrongleichrichters ist durch zwei Schalter 7 und 8 angedeutet, die invertiert zueinander von dem Signal des Oszillators 6 angesteuert sind. Den Schaltern 7 und 8 sind Ladekondensatoren 9 und 10 zugeordnet. An einem der Kondensatoren 9, 10 stellt sich der positive Signalpegel des Ausgangssignales ein und an dem anderen der negative. Zwischen diesen beiden Pegeln wird in einem Differenzverstärker 11 die Differenz gebildet. Am Ausgang des Differenzverstärkers 11 findet man ein Gleichspannungssignal, welches ein Maß für die Verstimmung der Brücke 1—4 ist. Dieses Signal wird in einer Signalaufbereitungsschaltung mit einem Operationsverstärker 12 aufbereitet. In der Signalaufbereitungsschaltung erfährt das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 11 eine Verstärkung, die mittels eines Potentiometers 13 einstellbar ist. Weiter kann über einen Widerstand 14 eine Offset-Spannung (Regelspannung) hinzuaddiert werden. Mit Hilfe dieser Offsetspannung können die sich in den Schaltungsteilen ergebenden Fehlerspannungen ausgeglichen werden.

Der Oszillator 6 der Schaltung in Fig. 1 kann auf verschiedene Frequenzen eingestellt werden, damit mehrere parallel betriebene Sensoren sich nicht gegenseitig

stören. In Fig. 2 ist dargestellt, wie die Brückenschaltung aus Fig. 1 mit einer Mehrlagenplatine realisiert ist. Die Mehrlagenplatine stellt eine Wand des Gehäuses 15 eines kapazitiven Distanzsensors dar. Sie ist aufgebaut mit zwei gleich dicken Isolierstoffplatten 16 und 17 und drei Kupferlagen 18, 19 und 20. In der Kupferlage 18 ist eine Elektrodenfläche 21 freigeätzt. Die Elektrodenfläche 21 hat zu der sie umgebenden Fläche 22 der Kupferlage 18 eine Kapazität, die sich bei der Annäherung eines Meßobjektes an diese Fläche verändert. Diese Kapazität stellt das veränderliche Element 4 in der Brückenschaltung dar. Die Kupferlage 20 auf der gegenüberliegenden Außenseite der Mehrlagenplatine weist eine zu der Elektrodenfläche 21 gleichartig aufgebaute Elektrodenfläche 24 auf. Dieses ist die Referenzelektrode, die für das Meßobjekt nicht zugänglich ist und sich im Inneren des Sensors befindet. Zwischen der Elektrodenfläche 24 und der sie umgebenden Fläche 25 bildet sich die Referenzkapazität 3. In einer Innenlage der Mehrlagenplatine mit der Kupferfläche 19 ist gegenüberliegend von den Elektrodenflächen 21 und 24 eine Einspeisungsfläche 23 freigeätzt. Diese Einspeisungsfläche 23 ist elektrisch mit dem Ausgang des Oszillators 6 in Fig. 1 verbunden. Die Einspeisungselektrode ist über die Isolierstoffplatte 16 mit der Elektrodenfläche 21 kapazitiv gekoppelt. Dadurch wird die Einspeisungskapazität 2 gebildet. Auf der anderen Seite ist die Einspeisungsfläche 23 über die Isolierstoffplatte 17 mit der Elektrodenfläche 24 gekoppelt, womit sich die Einspeisungskapazität 1 bildet. Die Flächen, die die Elektrodenflächen 21 und 24 und die Einspeisungsfläche 23 umgeben, das sind die Flächen 22, 25 und 26, sind mit dem Massepotential der Schaltung verbunden. Die Einspeisungsfläche ist im dargestellten Beispiel größer als die Elektrodenflächen 21 und 24. Dadurch wird erreicht, daß die kapazitive Belastung der Elektrodenflächen 21 und 24 zur Masse der Schaltung hin sehr gering gehalten wird. Parasitäre Kapazitäten, die die Empfindlichkeit der Brückenschaltung reduzieren würden, werden dadurch sehr klein gehalten.

In Fig. 2 sind die Lagen der Mehrlagenplatine in Explosionsdarstellung wiedergegeben, um den Aufbau der einzelnen Lagen besser darstellen zu können. In Wirklichkeit sind die Lagen eng miteinander verpreßt, so daß sie ohne Lufteinflüsse zusammengefügt sind. Aus demselben Grunde entspricht auch die dargestellte Dicke der Lagen nicht der Realität. In einem realisierten Beispiel sind die Isolierstoffplatten 16 und 17 1,1 mm und die Kupferlagen 18, 19 und 20 0,35 mm dick.

In Fig. 3 ist eine Mehrlagenplatine dargestellt, die aus zwei zweilagigen Platinen zusammengesetzt ist. Die Teile der Platine, die der Darstellung in Fig. 2 entsprechen, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Isolierstoffplatte 16 mit den Kupferlagen 18 und 27 bildet die eine Platine, und die Isolierstoffplatte 17 mit den Kupferlagen 28 und 20 die andere. Die Elektrodenflächen 21, bzw. 24 haben jetzt je eine eigene Einspeisungsfläche 31, bzw. 32. Die Einspeisungsflächen sind, wie durch eine Linie 30 angedeutet, elektrisch miteinander verbunden. Die beiden zweilagigen Platinen sind mittels einer Klebelage 29 miteinander verklebt. Diese Anordnung nach Fig. 3 hat den Vorteil, daß für die beiden Platinenhälften das gleiche Ausgangsmaterial verwendet werden kann, so daß die Streuung der Dicke der Platinen relativ zueinander gering gehalten werden kann.

In den dargestellten Beispielen nach Fig. 2 und Fig. 3 sind die Einspeisungsflächen jeweils größer als die Elek-

trodenflächen. Dadurch wird die Kapazität der Elektrodenflächen zur Masse hin gering gehalten, womit man eine maximale Empfindlichkeit der Brückenordnung erreicht. Es ist jedoch auch möglich, die Einspeisungsfläche kleiner auszubilden, als die Elektrodenfläche und den übrigen Teil als Massefläche auszuführen. Damit kann die Eigenschaft der Brückenschaltung in weiten Grenzen vorgewählt werden.

Es soll noch auf einen weiteren interessanten Gesichtspunkt hingewiesen werden, der bei dem Aufbau der Brückenschaltung der Mehrlagenplatine zu beobachten ist. Es wird Bezug genommen auf Fig. 2. In der Praxis werden Sensoren mit unterschiedlich großen Elektrodenflächen 21, bzw. 24 gebraucht. Bei einer Vergrößerung der Fläche 21 vergrößert sich auch der Wert der Kapazität 4. Wenn die Einspeisungsfläche 23 ebenfalls mit vergrößert wird, vergrößert sich in gleichem Maße der Wert der Kapazität 2. Das gleiche gilt für die Kapazitäten 3 und 1. Das bedeutet, daß das Teilungsverhältnis der Reihenschaltung aus den Kapazitäten 2 und 4 gleichbleibt. Die Impedanz der Brückenbrücke wird lediglich kleiner. Die Ausgangsspannung der Brückenschaltung ist damit unabhängig von der Größe der Elektrodenfläche, bzw. Einspeisungsfläche. Das hat zur Folge, daß für die angeschlossene Verstärkerschaltung bei allen unterschiedlichen Sensortypen die gleiche Schaltdimensionierung verwendet werden kann.

In Fig. 4 ist ein in der Praxis realisiertes Layout für eine Mehrlagenplatine gezeigt. Der Aufbau entspricht dem der Platine in Fig. 3. Die sich entsprechenden Flächen sind auch mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Es sind nur die Kupferflächen der beiden zweilagigen Platinen dargestellt, aus denen die Mehrlagenplatine zusammengebaut ist. Die Kupferlagen 18 und 27 sind die Seiten der einen zweilagigen Platine und die Lagen 28 und 20 die Seiten der anderen. Die beiden zweilagigen Platinen werden einzeln für sich gefertigt. Die Platine mit den Lagen 28 und 20 ist mit einer Schaltung zur Verstärkung der Brückenausgangssignale versehen und trägt deshalb eine Reihe von Leiterbahnen. Es sind auch mehrere durchkontaktierte Bohrungen vorgesehen, die für die Realisierung des Layouts erforderlich sind. Diese Bohrungen sind nur in der Platine mit den Lagen 28 und 20 vorhanden. Es werden hier nur die Details beschrieben, die zum Verständnis der Brückenschaltung erforderlich sind: Eine Leiterbahn 33 verbindet die Referenzelektrode 24 mit der Schaltung und eine Leiterbahn 34 verbindet das Oszillatorsignal mit der Einspeisungsfläche 32.

Die Platine mit den Lagen 18 und 27 hat zunächst keine Bohrungen. Die soweit gefertigten beiden Platinen werden mit einer Isolierstoff-Zwischenlage (siehe 29 in Fig. 3) zusammengepreßt und zu einer Mehrlagenplatine vereinigt. Als Zwischenlage wird z. B. eine Epoxymharzlage verwendet, die erst beim Zusammendrücken der Platinen unter Zufuhr von Wärme aushärtet.

Die so zusammengefügte Mehrlagenplatine erhält drei ganz durchgehende Bohrungen 37, 38 und 39, die anschließend noch so durchkontaktiert werden, daß auch die inneren Lagen 27 und 28 an die Durchkontaktierungen angeschlossen sind. Dies ist ein in der Multilayertechnik häufig angewandtes Verfahren. Auf diese Weise wird mit der Bohrung 37 die Einspeisungsfläche 32 über Leitungen 35 und 36 mit der Einspeisungsfläche 31 verbunden. Weiter wird mit der Bohrung 38 die Elektrodenfläche 21 mit der Schaltung verbunden, und schließlich werden mit der Bohrung 39 (nicht sichtbar, da sie jeweils in dem schwarzen Feld liegt) alle Masse-

flächen miteinander und mit der Schaltungsmasse verbunden.

Es sind auf der Lage 20 Flächen 40 bzw. 41 vorgesehen, die mittels Lötbrücken elektrisch mit der Elektrodenfläche 24 bzw. 21 verbunden werden können. Die Flächen 40 und 41 stehen jeweils einer Massefläche auf der benachbarten Lage 28 gegenüber. Mit den Lötbrücken soll ein nachträglicher Abgleich der Brückenschaltung ermöglicht werden. Es hat sich jedoch gezeigt, daß für einen Feinabgleich ein Stückchen Leiterbahn von z. B. 1 cm Länge anstelle der dargestellten Flächen 40 und 41 besser geeignet ist (nicht dargestellt). Diese Leiterbahnen können elektrisch fest mit den Elektrodenflächen verbunden sein. Je nach Richtung der Unsymmetrie der Brückenschaltung kann dann die eine oder die andere Leiterbahn mit einem kleinen Handfräser gekürzt werden. Während dieser Abgleicharbeit wird das Ausgangssignal der Brückenschaltung z. B. auf einem Oszilloskop beobachtet.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß kapazitive Sensoren der beschriebenen Art auch für die Messung anderer Größen verwendet werden können, z. B. für die Messung der Feuchtigkeit der Luft vor der als Sensor verwendeten Elektrodenfläche.

6. Kapazitiver Distanzsensor nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenflächen (21, 24) zueinander und die Einspeisungsflächen (31, 32) zueinander deckungsgleich sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Kapazitiver Sensor, insbesondere Distanzsensor, mit einer kapazitiven Brückenschaltung, die mit Einspeisungskondensatoren und mit Elektrodenflächen auf gegenüberliegenden Seiten einer Leiterplatte aufgebaut ist, wobei die eine Elektrodenfläche für das Meßobjekt zugänglich ist und mit ihrer Kapazität zur Umgebung das veränderliche Element in der Brückenschaltung ist und wobei die andere Elektrodenfläche gleichartig aufgebaut ist und als Referenzkapazität dient **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leiterplatte als Mehrlagenplatine mit einer Innenlage (19) oder mehreren Innenlagen (27, 28) ausgeführt ist und daß auf der Innenlage (19) bzw. den Innenlagen (27, 28) jeweils den Elektrodenflächen (21, 24) gegenüberliegende Einspeisungsflächen (23, 31, 32) vorgesehen sind, die mit ihrer Kapazität zu den Elektrodenflächen (21, 24) die Einspeisungskondensatoren (4, 3) bilden.
2. Kapazitiver Distanzsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspeisungsfläche (23) größer ist als die gegenüberliegende Elektrodenfläche (21, 24) und über diese allseitig hinausragt.
3. Kapazitiver Distanzsensor nach Anspruch 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß die Mehrlagenplatine vier leitende Lagen (18, 20, 27, 28) aufweist und durch Zusammenfügen von zwei zweilagigen Platinen hergestellt ist und daß auf den zweilagigen Platinen je eine Einspeisungsfläche (31 bzw. 32) für die zugeordnete Elektrodenfläche (21 bzw. 24) vorgesehen ist.
4. Kapazitiver Distanzsensor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zweilagige Platine (17, 20, 28) mit der als Referenzkapazität dienenden Elektrodenfläche (24) mit einer Schaltung zur Verstärkung des Ausgangssignales der Brückenschaltung (1—4) bestückt ist.
5. Kapazitiver Distanzsensor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die beiden zweilagigen Platinen (16, 18, 27; 17, 20, 28) das gleiche Ausgangsmaterial verwendet wird.

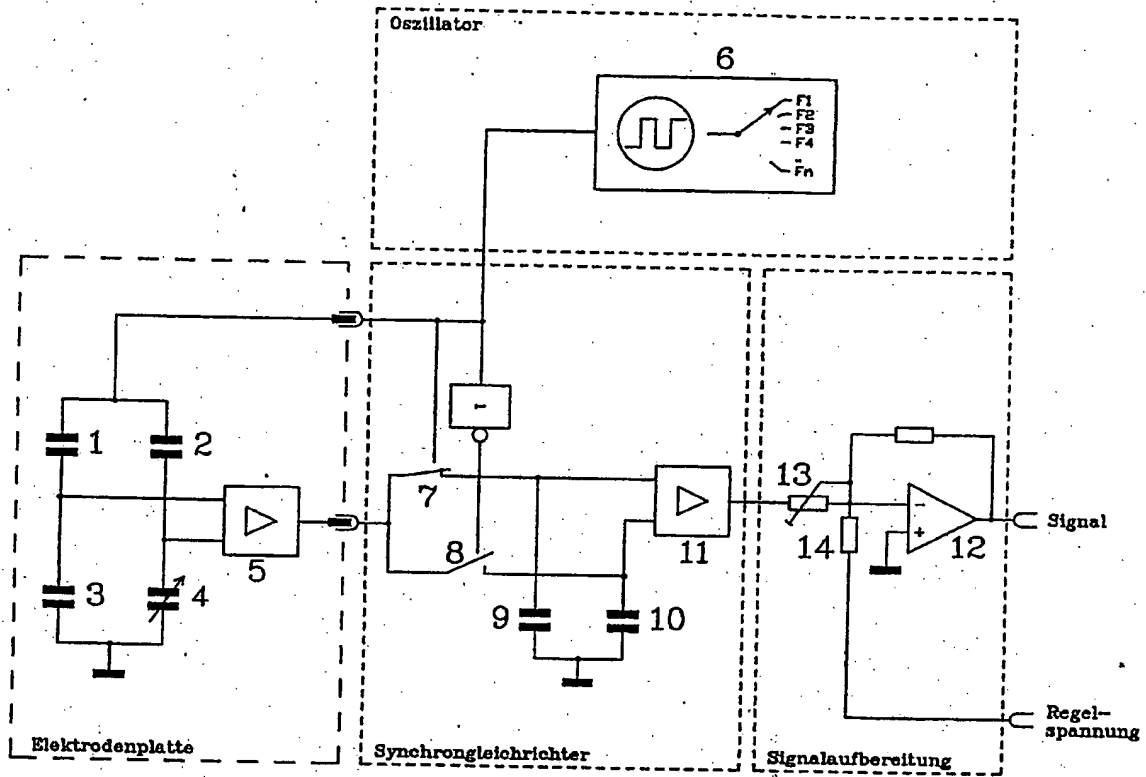


Fig. 1

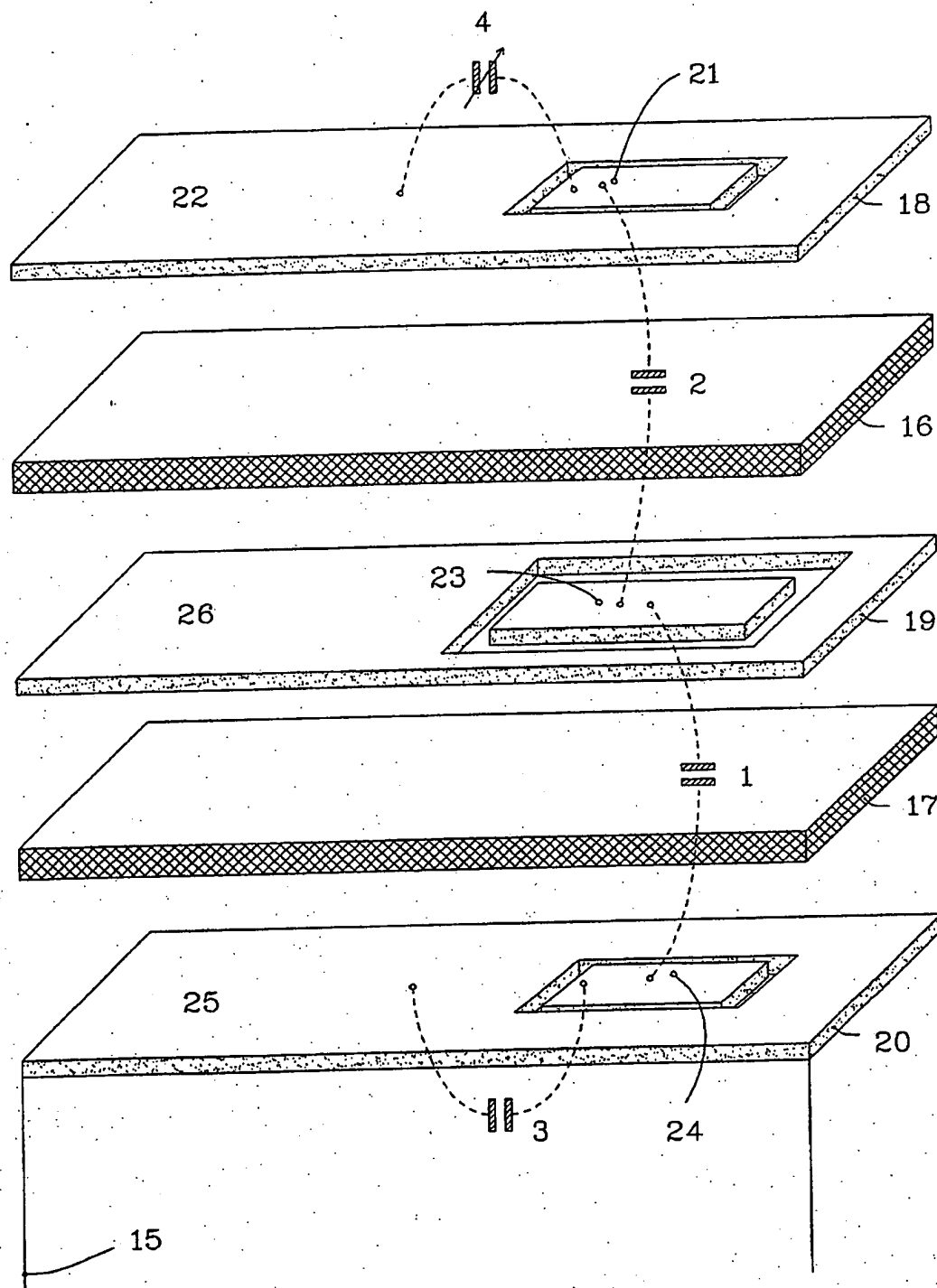


Fig. 2

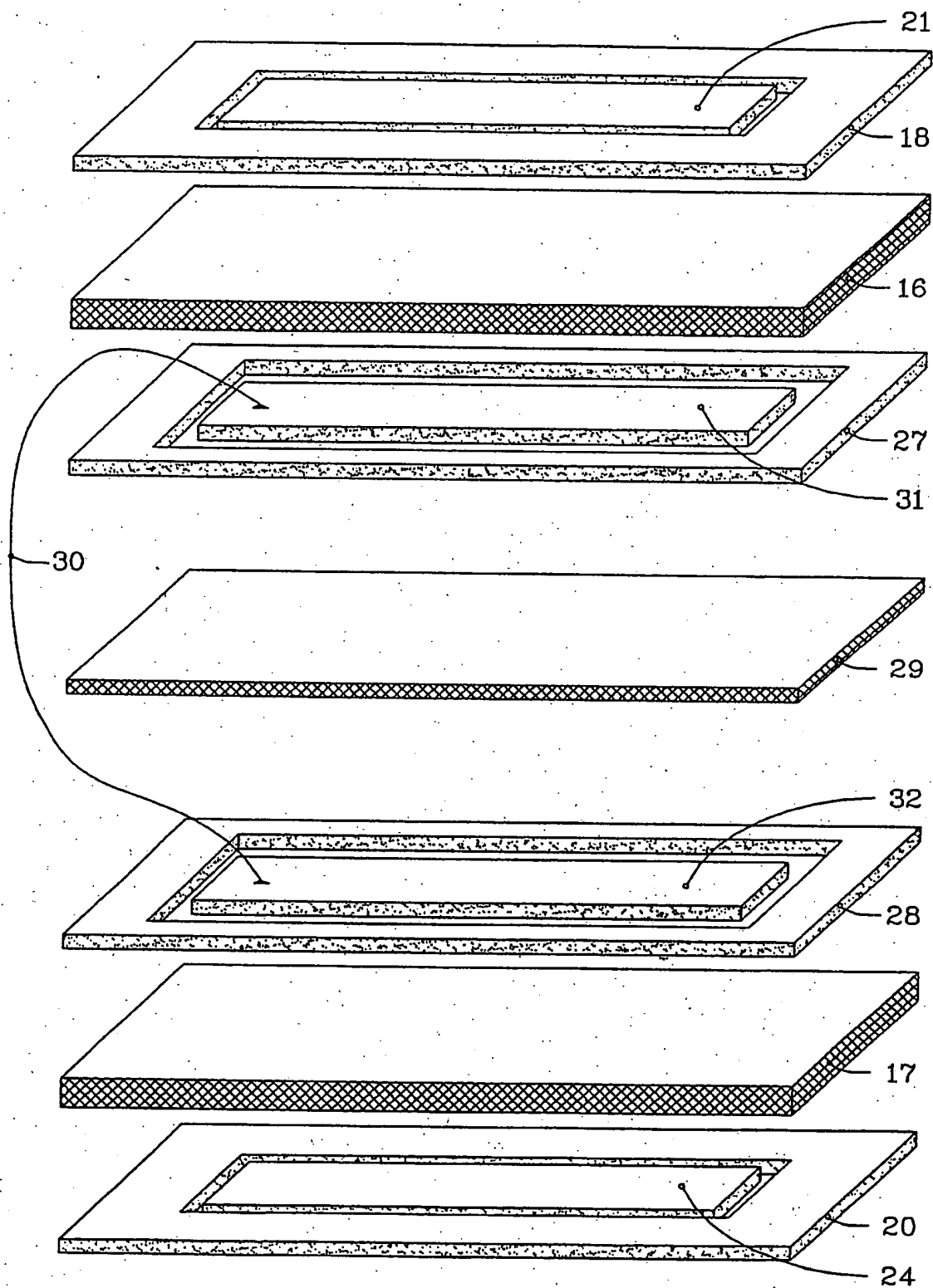


Fig. 3

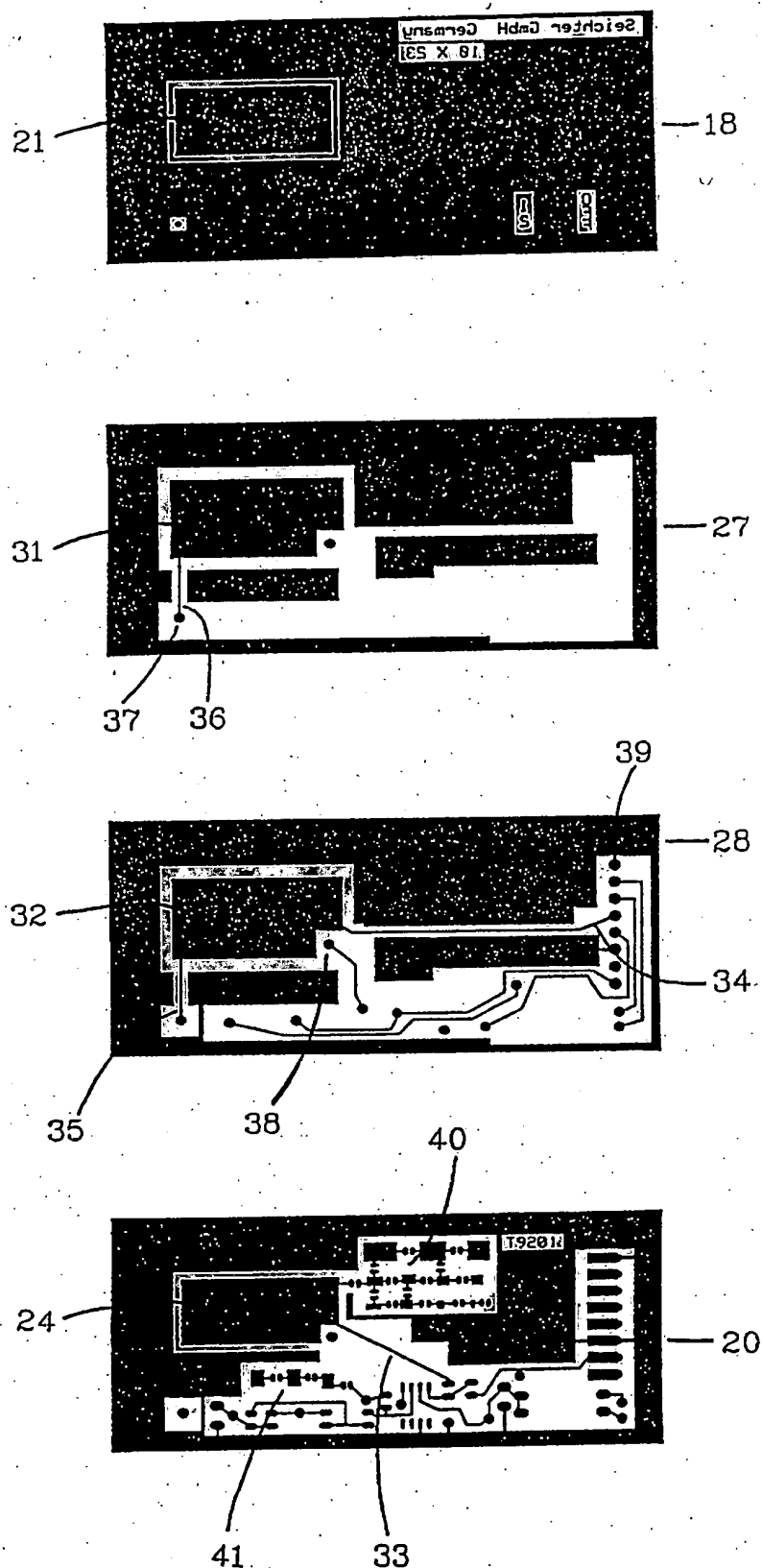


Fig. 4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.